

Wagenschein, Martin

Die Sprache im Physikunterricht

Bollnow, Otto Friedrich [Hrsg.]: Sprache und Erziehung. Bericht über die Arbeitstagung der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft vom 7. bis 10. April 1968 in Göttingen. Weinheim; Berlin; Basel : Beltz 1968, S. 125-142. - (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 7)



Quellenangabe/ Citation:

Wagenschein, Martin: Die Sprache im Physikunterricht - In: Bollnow, Otto Friedrich [Hrsg.]: Sprache und Erziehung. Bericht über die Arbeitstagung der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft vom 7. bis 10. April 1968 in Göttingen. Weinheim; Berlin; Basel : Beltz 1968, S. 125-142 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-234307 - DOI: 10.25656/01:23430

<http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-234307>

<http://dx.doi.org/10.25656/01:23430>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Zeitschrift für Pädagogik

7. Beiheft

Sprache und Erziehung

Bericht über die Arbeitstagung
der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft
vom 7. bis 10. April 1968 in Göttingen

Im Auftrag des Vorstands
herausgegeben von Otto Friedrich Bollnow

Verlag Julius Beltz · Weinheim · Berlin · Basel

Zeitschrift für Pädagogik

Anschrift des geschäftsführenden Herausgebers: Prof. Dr. Georg Geißler, 2 Hamburg 62, Kiwitmoor 55

Anschrift der Schriftleitung: Prof. Dr. Wolfgang Scheibe, 8 München 90, Schönstraße 72 b

Anschriften der anderen Herausgeber: Prof. Dr. Fritz Blättner, 23 Kiel, Sternwartenweg 8; Prof. Hans Bohnenkamp, 45 Osnabrück, Stüvestraße 3; Prof. Dr. Otto Friedrich Bollnow, 74 Tübingen, Waldeckstraße 27; Prof. Dr. Wolfgang Brezinka, 775 Konstanz, Jakobstraße 45; Prof. Dr. Josef Dolch, 66 Saarbrücken 3, Hellwigstraße 19; Prof. Dr. Andreas Flitner, 74 Tübingen, Im Rotbad 43; Prof. Dr. Wilhelm Flitner, 2 Hamburg-Großflottbek, Sohrhof 1; Prof. Dr. Carl-Ludwig Furck, 1 Berlin 38, An der Rehwiese 24; Prof. Dr. Oskar Hammelsbeck, 4931 Heiligenkirchen-Schling, Haus 404 (Bergstraße); Prof. Dr. Wolfgang Klafki, 355 Marburg, Rollwiesenweg 36; Prof. Dr. Martinus Langeveld, Prins Hendriklaan 6, Bilthoven/Holland; Prof. Dr. Ernst Lichtenstein, 44 Münster/Westfalen, von-Esmarch-Straße 91; Prof. Dr. Hans Scheuerl, 6241 Schneidhain/Taunus, Rossertstraße 5; Prof. Dr. Franz Vilsmeier, 8104 Grainau, Alpspitzstraße 8 c.

Anschriften der Autoren dieses Heftes: Prof. Dr. Otto Friedrich Bollnow, 74 Tübingen, Waldeckstraße 27; Prof. Dr. Hans Eggers, 66 Saarbrücken, Universität; Prof. Dr. Wilhelm Flitner, 2 Hamburg-Großflottbek, Sohrhof 1; Prof. Dr. Klaus Giel, 741 Reutlingen, Eßlinger Straße 9; Prof. Dr. Hans Glinz, 51 Aachen, Lütticher Straße 141; Prof. Dr. Hartmut von Hentig, 34 Göttingen, Stauffenberggring 10; Prof. Dr. Ernst Lichtenstein, 44 Münster, von-Esmarch-Straße 91; Prof. Dr. Bruno Liebrucks, 6 Frankfurt-Eckenheim, Kurzröderstraße 7; Prof. Dr. Werner Loch, 852 Erlangen, Kochstraße 4; Prof. Dr. Peter M. Roeder, 2 Hamburg 13, v.-Melle-Park 8; Prof. Dr. Dr. Wilhelm Seedorf, 34 Göttingen, Schildweg 12; Prof. Dr. Martin Wagenschein, 6101 Trautheim; Prof. Dr. Mario Wandruszka, 74 Tübingen, Am Apfelberg 1.

Inhalt

OTTO FRIEDRICH BOLLNOW	Eröffnungsansprache	5
WILHELM FLITNER	Sprache und Erziehung heute	9
BRUNO LIEBRUCKS	Erziehung des Menschen zur Sprachlichkeit	27
Diskussion	. . . . .	43
ERNST LICHTENSTEIN	Bildung und Sprachlichkeit	45
PETER M. ROEDER	Sprache, Sozialstatus und Schulerfolg	53
Diskussion	. . . . .	69
WERNER LOCH	Die Sprache der Pädagogik und die Pädagogik der Sprache	73
Diskussion	. . . . .	79
Gesamtdiskussion	. . . . .	81
HARTMUT VON HENTIG	Didaktik und Linguistik	83
KLAUS GIEL	Operationelles Denken und sprachliches Ver- stehen	111
MARTIN WAGENSCHN	Die Sprache im Physikunterricht	125
Gruppendiskussionen	a. Sprache und Sozialstatus	143
	b. Die Erschließung der Wirklichkeit — Zur didaktischen Bedeutung der Sprache	145
	c. Die Sprache im naturwissenschaftlichen Un- terricht	147
	d. Die Sprache in der Heilpädagogik	149
MARIO WANDRUSZKA	Die Strukturen unserer Erlebniswelt und die Strukturen unserer Sprache	151
HANS EGGERS	Die deutsche Sprache der Gegenwart als päd- agogisches Problem	173
HANS GLINZ	Sprachwissenschaftliche Voraussetzungen für die Arbeit des Didaktikers und Pädagogen	189
Gesamtdiskussion	. . . . .	213
	Die plattdeutsche Sprache (WILHELM SEEDORF)	214
OTTO FRIEDRICH BOLLNOW	Erziehung zum Gespräch	217
Zusammenfassung und Schlußwort	. . . . .	231

Die Sprache im Physikunterricht

Ich komme aus einer ganz anderen Ecke als wohl die meisten von Ihnen: aus der Welt der Dinge; und zwar der Dinge, wie die Physik sie sieht und anspricht. Aber ich spreche nicht als Physiker, denn ich fühle mich nicht als solcher. Ich spreche als Physik-Lehrer von einigen Erfahrungen mit der „Sprache im Physikunterricht“; die etwas anderes ist als die „Sprache der Physik“.

Ich glaube, daß das *Verstehen* der Physik für unsere Welt, und noch mehr für die künftige Welt unserer Kinder, lebensnotwendig ist.

Nicht nur deshalb, weil ohne GALILEI, FARADAY, OTTO HAHN das technische Gerüst nicht da wäre, in welches sich die Menschheit in so kurzer Zeit eingebaut hat, eingelebt, eingewöhnt, eingefangen; und an dem sie festhalten muß, um weiter zu existieren.

Nicht weniger wohl dadurch, daß das wissenschaftliche Denken und Sprechen und auch das Sprechen für „weitere Kreise“ sich zunehmend physikalisiert. Die mathematisierende Denkweise bezaubert uns durch ihre großartige Präzision und Macht. Vielleicht auch verleitet sie uns zu einem noch nicht genügend kritischen Glauben an die Macht der Zahl außerhalb der Physik.

Deshalb ist Physik für die Schulen und Hochschulen nicht einfach ein umzufüllender Speicher von Informationen neben vielen anderen.

Es ist für *Jeden* lebensnotwendig geworden, die *Art* ihres Vorgehens zu verstehen, die Art ihres Verstehens zu verstehen.

Ich spreche also von der physikalischen Laienbildung.

Entsprechen nun die *Ergebnisse*, die Erfolge, entspricht die *Qualität des Physikunterrichts* dieser seiner Bedeutung?

Beginnt ein Zahlen-Aberglaube nicht schon damit, daß wir ein Maß für den Erfolg in den Zeugnisnoten zu besitzen hoffen? Die doch nur *in* der Schulzeit, oder *sofort nach* ihr, in vorbereiteten Prüfungen zustande gebracht werden. Käme es nicht vielmehr auf das an, was Jahre später der Laie noch weiß und wirklich versteht? Weder die Schule noch die empirische pädagogische Forschung scheint sich bisher einer solchen Analyse anzunehmen.

Sie wäre auch nicht einfach. Ihre Form könnte nur das zwanglose und geduldige sokratische Gespräch sein, das gar nicht den *Partner* „prüft“, sondern mit ihm gemeinsam die Beschaffenheit der Verstehens-Rückstände, die sich noch aufbringen lassen¹⁾.

Ich bin in der seltenen und günstigen Lage, nach drei Jahrzehnten des Physikunterrichts an Gymnasien seit zehn Jahren an Hochschulen mit Studenten aller Fachrichtungen solche Gespräche führen zu können. Dabei interessieren mich vorwiegend solche, die nicht Physik studieren und sie auch nicht zu ihrem Hobby gemacht haben. Aus ihnen werden ja wichtige Leute: Politiker, Lehrer, Pädagogen, Ministerialbeamte . . .

Ich habe den Eindruck — übrigens schon lange vor der „Saarbrücker Rahmenvereinbarung“ — einer fast abenteuerlichen Hinfälligkeit der Kenntnisse. Man blickt nicht wie in einen geordneten Wohnraum; eher in eine Art Rumpelkammer von Formelfragmenten ($\frac{1}{2} g \cdot t^2$, aber „was war doch g ?“) und Satztrümmern (wie — bei der Lichtbrechung: — „Einfallslot“). Allenfalls, und auch das nur selten, werden starre Lehrbuchtexte „apportiert“ (wie LICHTENBERG das nannte); kaum je ist eine Aussage persönlich und doch präzise gefaßt. Fast immer ist sie ohne Beziehung zu den Phänomenen, die sie klären sollte. (Bei der Lichtbrechung wären das etwa die kurzen Unterschenkel der Leute, die bis zu den Knien im ruhigen, klaren Wasser stehen.)

Kenntnisse können als Gespenster auftreten. Auch das ist eine „Bildungskatastrophe“.

Die Sachen sind verfremdet und die Sprache stockt.

Meine Überzeugung, wenn ich sie einmal kurz und grob sagen darf: Seit Jahrzehnten ist der Physikunterricht unter der Peitsche der „Stoff“bedrängnis und der Klingelsignale dabei, sich zu vergaloppieren, auf dem hohen Roß der Wissenschaftlichkeit. (Womit nichts gegen das Roß gesagt ist.) Empirische Erforschung des Späterfolgs ist nötig, wenn die Schule nicht zu einem wissenschaftlichen wie wirtschaftlichen Verlustunternehmen werden soll (ohne es selber zu merken). — Aber das ist ein Riesenproblem. Ich spreche hier davon, da es mit der Sprache zu tun hat.

Mit der Sprache im Unterricht und, was etwas anderes ist, mit der Sprache der Physiker.

Die Sprache der Physik ergibt sich aus ihrem Vorgehen. Das *physikalische Weltbild* wird häufig für „unvoreingenommen“ gehalten. Das ist insofern nicht richtig, als es (wie C. F. v. WEIZSÄCKER sagt) „nicht unrecht (hat) mit dem was es behauptet, sondern mit dem, was es verschweigt“²⁾. Sein so angenehm scharf abgegrenzter Begriffs-Horizont *beschränkt*, uns und die Natur, auf: in Raum und Zeit am Materiellen meßbare Größen („Centimeter, Gramm, Sekunde“) und ihren mathematisierbaren Zusammenhang, „Strukturen“ wie wir heute sagen.

Da ist vieles „nicht drin“: Weder die Farbqualität „Rot“ noch der Begriff „Verantwortung“. Trotzdem ist die physikalische Abbildung „richtig“; so wie eine Landkarte richtig ist, ohne doch die „Wahrheit“ ihrer Landschaft zu sein.

Diese Einschränkung führt notwendig zu einer reduzierten, einer Kunst-Sprache. Diese gemeinsame *Fachsprache* aller Physiker der Welt ist von allen ihren Mutter-Sprachen qualitativ verschieden. Während die Geschmeidigkeit der Muttersprachen gerade voraussetzt, daß ihre Wortfelder ineinanderfließen, führt die physikalische Abblendung dahin, daß diese Felder schrumpfen, zu relativ wenigen Punkten, (wobei auch neue Punkte hervorgebracht werden), die durch eindeutige Gelenke miteinander verbunden sind. Im Endzustand schnürt sich die physikalische Aussage sogar von der Sprache ab und verdichtet sich in mathematischen Symbolen. (Trotzdem ist alles, was in einer Gleichung sich darstellt, grundsätzlich — wenn auch umständlich — in Worten zu sagen.)

Es ist klar, daß ein jahrelanger allzu ausschließlicher Aufenthalt in einem so kargen Sprachklima die gesamte *Sprachwelt eines Physik-Studenten* (bei aller Prägnanz im Fachlichen) negativ verändern kann: verarmend (durch Auslöschen der Nuancen) oder spaltend. Schlecht für einen künftigen Lehrer!

Denn von ihm erhoffen wir ja gerade, daß er die Spaltung heilen hilft, welche die moderne Gesellschaft zerschneidet, in eine dünne Schicht unverständlicher Experten und die große Menge der nur oberflächlich Informierten, die verlernt haben, was Verstehen heißt, und die dann wissenschaftsfeindlich oder (was nicht besser ist) wissenschaftgläubig reagieren. Der Lehrer sollte *alle* seine Schüler zur *Wissenschafts-Verständigkeit* erziehen. Er darf nicht vorwiegend an den Nachwuchs der Physiker denken; (besser wohl: „*Es darf in ihm nicht so denken*“).

Ein Beispiel (für viele) zur sprachlichen Verarmung: Ich erinnere mich eines Gespräches mit nur naturwissenschaftlichen Studenten. Ich gebrauchte, im pädagogischen Zusammenhang, das Wort „spontan“, hatte ein taubes Gefühl, und fragte, ob sie wüßten, was das ist? Nach sehr langer Pause kam *ein* Vorschlag: „momentan“. Genau das, was im physikalischen Begriffsnetz davon hängen bleiben konnte.

LICHTENBERG, der ja sowohl deutsch wie physikalisch reden konnte, hat seinerzeit notiert: „Ich muß gestehen, daß ich Freudentränen vergossen habe, als ich sah, daß man in meinem Vaterlande anfangs zu begreifen, was Wurzelzeichen sind“. Wäre er dabei gewesen, bei jener Spontan-Übersetzung, so würden sie ihm wohl schnell wieder getrocknet sein.

Solche Studenten *leiden* entweder unter dieser Dürre oder sie machen eine Tugend aus ihrer Not und halten philosophische *und* auch pädagogische Texte für unexaktes Gerede (auch dann, wenn sie es wirklich nicht sind). Und der Satz RILKES „Er war ein Dichter, denn er haßte das Ungefähre“ scheint ihnen nur zu bestätigen, daß Dichter nicht wissen, was sie sagen.

AN WITTENBERG — er starb jung als Mathematikprofessor in Toronto (Sie kennen vielleicht sein Buch „Bildung und Mathematik“³⁾) — schrieb ich einmal: „Was

meinen Sie, sollte der Lehrer der Mathematik oder Physik sich unbedingt verpflichtet fühlen, weiterhin wissenschaftlich in seinem Fach zu arbeiten?" — Seine Antwort: „Nein nein nein!! Ins Theater soll er gehen!“

Ich stimme ihm zu. Eine naturwissenschaftliche Bildung, die mit Sprachverlust erkaufte wird, ist keine.

Der sprachliche Graben zwischen den Physikern und den *Pädagogen* ist auch von der Seite der Pädagogen her schwer zu nehmen: Zu sehr erscheint der Bezirk der Physik ihnen versiegelt durch jene Symbole, deren grundsätzliche Harmlosigkeit ihre eigene Schulzeit ihnen hätte enthüllen sollen. Es bleibt achtungsvolle Befremdung und Nichteinmischung.

Oder auch Anpassung: indem man selber in physikalischer Weise zu denken und zu schreiben sich angewöhnt: „Arbeit“ und „Leistung“ haben wir schon gemeinsam. Kürzlich las ich „Lerngeschwindigkeit“⁴⁾. Kommt eine Grundgleichung der physikalistischen Didaktik auf uns zu: „Lernbeschleunigung gleich Lernkraft durch Lernmasse?“

Gibt es auch eine *Verstehensgeschwindigkeit*? Wer einmal selbst produktiv verstanden hat, weiß, daß hier ein unberechenbarer, zeitlich nicht stetig vordringender, ein oszillierender Prozeß in ihm geschieht, der in Stößen der Erleuchtung und der Wiederverdunkelung vor sich geht. GALILEI wußte es und ließ es seinen Sagredo sagen: „Wie eine Wolke vom Blitze erleuchtet wird, so ahne ich ein plötzliches Licht, das mich wie aus weiter Ferne erleuchtet und sofort wieder verwirrt, indem es mir fremde und undurchdachte Vorstellungen erweckt“⁵⁾.

Aber zurück zu *dem* Physik-Studenten, der Physiklehrer werden wird, und seiner *Sprache*.

Er wird — unglücklicherweise — fachlich noch immer nicht anders ausgebildet als ein Berufsphysiker, nämlich ganz *ungenetisch*, sozusagen als End-Physiker. Das heißt: er wird auf Wegen zu den Ergebnissen geführt, die nur von diesen Ergebnissen her, noch dazu den modernsten, so direkt und rationell angelegt werden können. Er muß zwar zugeben, daß alles so ist, wie es ist. Er erfährt aber nicht, ja er vergißt die ganze Fragestellung, wie man als Unwissender darauf kommen konnte, und also kann. Und damit droht ihm das *Werden* (und also das *Wesen*) des physikalischen Aspektes der Natur aus dem Blick zu kommen.

Ist es nicht eben das, was er als Lehrer wissen müßte? (Didaktik ist das noch nicht. Es wird aber später ihr Ansatzpunkt.) Solche Fragen fallen der „stürmischen Entwicklung“, (deren sich die Naturwissenschaft begreiflicherweise gerne rühmt), leicht zum Opfer: *Sturmschäden* für die Didaktik des Elementaren und für die physikalische Laienbildung.

Er lernt zwar, der Physikstudent, sich in dem schon etablierten physikalischen Begriffshorizont mit Sicherheit zu bewegen. Er verlernt, wie dieser Horizont aus dem Begreifen, Denken, *Sprechen* des Alltags sich allmählich ausspannt und abgrenzt. Er rechnet das zur Psychologie und Geschichte und findet es abwegig. Er lernt, sich begnügen mit der verwalteten Wissenschaft.

Deshalb wird auch das *Werden* der exakten, der Fach-Sprache vergessen, und ihre Vorstufen finden als eine Art Abraum nur geringes Interesse.

Nimmt man hinzu, daß die Fach-Seminare nur selten von Psychologie und Pädagogik schon erreicht sind, und daß später der Lehrer in einem zerrütteten Stundenplan durch die Fluchten illusionärer Stoffpläne getrieben ist, so wird aus dem, was ihm als „Pflege des exakten Ausdrucks“ ans Herz gelegt wird, sehr leicht nichts als ein lästiger Rodungsprozeß der unbefangenen Sprache. Der Lehrer kann zu ihr zwar ein gutmütiges, aber nur duldendes, im Grunde ungeduldiges Verhalten sich leisten. Im Wesentlichen befließigt er sich selber asketisch der exakten Sprache und der Fachsprache, und erwartet sie von den Schülern zurück. Fehler werden mit knappen Korrekturen zurückgeschnitten, so wie man eine Hecke in Form bringt. Nach KONFUZIUS ist das das Verfahren des schlechten Lehrers: „Er schleppt seine Schüler hinter sich her“, sagt er. In der Tat: Nachahmung ist anspruchslos und *also* unwirksam bei allen Dingen, die *rational* verstanden werden sollen. Wir dürfen uns dann nicht wundern über Verfremdung und Vergessen. Der Prozeß kann vielleicht verglichen werden mit der Abstoßung eines eingepflanzten körperfremden Organs.

Ich versuche nun, eigene Erfahrungen (an Kindern, jungen Leuten, Studenten, Erwachsenen) und Überlegungen zuerst zusammenzufassen, dann in einigen Anmerkungen zu erläutern.

Als fundamentales Ziel des Physikunterrichts sehe ich an, Physik *verstehen* zu lehren. Verstehen als Akt des Verstehenden, der ihm von keinem anderen abgenommen oder vorgemacht, wenn auch begünstigt, werden kann. Er muß ihn aus der Sache selber leisten.

Die Erfahrung — nichts anderes — hat mich gelehrt, daß dieser Akt — nicht: so kurz wie möglich, sondern: so lang wie nötig — in der vollkommen ungezwungenen Muttersprache sich vollziehen oder doch anbahnen muß, wenn er eindringlichen und nachhaltigen Erfolg haben soll. Mit anderen Worten: daß die Zone der erst stammelnden, dann genauen Muttersprache nicht, wie ein lästiges Vorzimmer, überrannt werden darf, sondern der eigentliche Verweil-Raum sein sollte, aus dem erst mit letzten Schritten die exakte Fachsprache heraustritt.

Die Muttersprache ist die Sprache des Verstehens, die Fachsprache besiegelt es, als Sprache des Verstandenen.

Die Sprache der *Physik* ist also nicht einfach die Sprache des Physikunterrichts.

Muttersprache ist nicht Abraum, sondern Fundament. Sie führt zur Fachsprache, sie beschränkt sich auf sie hin. Sie entläßt sie mit ihrem Segen, und nicht darf sie (wie so oft), ihr verstummend Platz machen. (Ich halte also nichts von einer „volkstümlichen Bildung“ eigener Art.)

Diese Art der *Fundierung*, die *genetische*, ist eine ganz andere als die logisch-experimentell-systematische Solidität, die der übliche Unterricht — nicht selten und irrtümlich — für ausreichend hält. Ein im strengen Stil errichtetes Gebäude kann gleichwohl bald nach der Besichtigung im Moor versinken.

Ich spreche im Folgenden nur von (nicht allzu seltenen und immer wiederkehrenden — sozusagen —) Kernprozessen des Physikunterrichts, das sind solche, bei denen es um radikales *Verstehen* geht; (nicht von den davon abhängigen, relativ schnellen, informatorischen Kursen, die sich mit beipflichtender Kenntnissnahme begnügen können).

Verstehen zu lernen gelingt nur, wo etwas zu verstehen ist. Wo also vom Lehrer ein möglichst ungekünsteltes, unpräpariertes und unzerstückeltes Phänomen „exponiert“ wird, das danach „schreit“; indem es erstaunlich ist, das heißt: die gewohnte feste Ordnung durchbricht.

Was ist da „los“? ruft man dann. Eine Frage, die mir, als ich Referendar war, als „unexakt“ verboten wurde. Gerade sie führt zur Sache; ebenso wie die spontane Frage: „Woher kommt das?“

Es ist bemerkenswert, wie viele Wendungen unsere Sprache anbietet, die uns sagen, was Verstehen heißt: *Verknüpfen*.

„Wie kommt es?“, „Woher kommt es?“: Wir hoffen, daß es von etwas anderem, vertrautem herkommt, mit dem es „zusammenhängt“, mit dem es „zu tun hat“. Jenes Andere, „an dem es liegt“, suchen wir in allen Richtungen des geistigen Raumes: hinter ihm, dann wollen wir „dahinter kommen“ und es „herauskriegen“, weil ja eines das andere „nach sich zieht“. Oder wir sehen das Andere oben, dann „hängt“ das staunenswerte Faktum „von ihm ab“, wie die Frucht vom Ast. Am zufriedensten sind wir, wenn wir es so empfinden dürfen, daß ihm etwas anderes, möglichst Letztes, „zu Grunde liegt“. Wir haben dann den „Grund“, auf dem es „beruht“. Und sind dann selber beruhigt.

Dieses Fragen nach dem „Warum“, nach dem „Grund“, ist ursprünglich, bei jungen Kindern, noch sehr weitherzig; sie unterscheiden noch nicht kausale, anthropomorphe, finale, animistische, ja magische Deutungen.

Eine spiralförmige Papierschlange, auf eine Nadel locker aufgesetzt, dreht „sich“ immerfort, ganz „von selbst“. Der Lehrer weiß, daß das von der heißen Luft „kommt“, die an ihr entlangstreifend aufsteigt; denn die kleine Mühle steht auf der Heizung. Ein Kind des ersten oder zweiten Schuljahres kann noch ernstlich meinen „... dann wird sie lebendig. Sonst könnte sie doch nicht so rumgehen!“⁶⁾. (Es gibt zu denken, daß wir selber ebenfalls sagen: „sie dreht sich“.)

Ein anderes Kind dieses Alters erklärt auf die Frage, warum die Holzkugel nicht auch so hüpfen kann wie der Ball: „Die ist halt dumm“⁷⁾.

Solchen Kindern sollte man mit Physik nicht kommen.

Die *Ernüchterung* kommt von selbst, früh genug und reif geworden. — „So traurig“, heißt es bei WILHELM FLITNER, „sein (des Kindes) Blick sich einen Augenblick verschleiert, wenn die Enthüllungen kommen, so unersättlich ist es doch, zu wissen, so fest in seinem Willen, nicht getäuscht zu werden“⁸⁾.

Dieser Ernüchterungs-Schub bereitet den physikalischen Begriffshorizont vor. Ein Beispiel:

Wir kennen alle das Kunststück: auf dem glatten Tisch liegt ein Bogen glattes Papier, und auf ihm ein, sagen wir, Zwei-Mark-Stück. Zieht man das Papier nun seitlich rasch weg, so geht das Geldstück nicht mit. Es bleibt, wo es war. „Woher kommt das?“

Ich lese vor, was ein zwölfjähriges Mädchen dazu sagt⁹⁾: „Wenn da (anstelle der Münze) ein Kind sitzen würde, dann würde ich sagen, das hat nicht aufgepaßt, wie man mit dem Ziehen angefangen hat. Dann ist es nimmer mitgekommen. Aber das stimmt nicht. Es ist bloß so ähnlich. Aber (denn, meint es) das Geld ist wie Metall. Das kann gar nicht aufpassen, oder so. Das liegt bloß da.“

Hier wird die anthropomorphe, die animistische Deutung und das entsprechende Sagen verabschiedet. („So kann man nicht sagen“ heißt es dann oft.)

Der physikalische Begriffshorizont beginnt sich auszuspannen. — Zugleich wird das Anorganische entdeckt als der Bereich, der sich ihm willig ergibt. — (Interessant auch die Bemerkung: „Das Geld ist wie Metall“: Die wertfreie Wissenschaft! — Vielleicht wird zugleich die Magie des Bildnisses abgelehnt. Das Bild MAX PLANCKS auf der Münze hat physikalisch nichts zu sagen, auch wenn es das eines Physikers ist.)

Ich sagte, die anthropomorphe, allgemein: die animistische Deutung sei von diesem Mädchen verabschiedet. Eine zwielichtige Zone, die vorhergeht, ist durchschritten.

„Endlich!“ ist der Physiker geneigt zu sagen: Nun ist diese Art zu reden, und also zu denken, vorbei. Der Schüler ist nun anzuhalten, sich *ständig* „exakt auszudrücken“.

Im Gegensatz zu dieser zugleich stolzen wie ängstlichen Haltung kann ich es nun gar nicht bestätigen, daß das nötig ist und nicht einmal, daß es sich bewährt. — Es mag sein, daß in der Phase dieses Mädchens, (das gerade eben erkannt haben mag „so darf man nicht sagen“) diese Klarstellung sehr zu betonen ist, weil es da noch ernsthafte Rückfälle ins animistische Denken geben könnte.

Aber sehr bald danach werden die Kinder realistisch und bleiben es. Von da an ist es gar nicht mehr nötig aufzupassen. So wenig, wie wir *uns* verbieten müssen zu sagen, das Papiermühlchen „*drehe sich*“. Wer später noch animistisch *spricht*, der *denkt* es im Ernst längst nicht mehr. Hier schon gleich einen physikalischen Purismus zu fordern, kommt mir wie Gespensterfurcht vor.

Ist es nötig, NEWTON anzurufen, der sogar schreibt, und noch in einer späten Auflage seiner Optik: „as the Poles of two Magnets *answer to one another*?“¹⁰).

Ich meine also: Ist die animistische *Denkweise* und Deutung erst einmal ernstlich entlassen, so braucht das für die animistische *Sprechweise* gerade nicht mehr zu gelten. Wir sind jetzt sicher genug, noch spielen zu können. Das gilt auch für Studenten.

Mehr noch: dieses Spiel ist nicht nur unschädlich, es ist für den Prozeß des Verstehens höchst fruchtbar, denn es bewirkt die Fühlung mit der Sache, bewirkt das sich hinein-„*Versetzen*“, das „*Verstehen*“. Während das Durchhalten der sterilen Sprechweise ablenkt, verfremdet, das Denken umbringt. Solang das Verstehen noch zu leisten ist, sollten wir weiter animistisch sprechen lassen (*und* auch grammatisch zunächst wie's kommt; sonst kommt nichts).

Sogar der Lehrer selber darf es. Der Lehrer muß alles können.

Meine Empfehlung, vor jedem Problem (ein solches muß es freilich sein, nicht ein kanalisierter Lehrbuch-Text), vor jedem unzerteilten Problem zuerst und lang genug in der völlig unbehauenen Alltagssprache denken zu lassen, gilt also nicht nur für den Anfänger-Unterricht (als solle man bis zum 13. Jahr deutsch und dann physikalisch reden lassen). Meine ganze Erfahrung läßt mich nicht zweifeln, daß der Schüler auf jeder Stufe, auch als Primaner und sogar als Student, vor jedem neuen Fortschritt, solang er die Lösung *sucht*, immer wieder als Laie und als Anfänger anzusprechen ist, und selber muß sprechen können, „wie ihm der Schnabel gewachsen ist“. Die *Sache* muß reden und reden *lehren*. Der Lehrer darf dabei weder grammatisch dreinfahrend noch duldend und gönnerhaft sein. Man kann mit Primanern und Studenten ebenso ernsthaft wie mit Kindern sprechen, in derselben *Art* ernsthaft.

Wir sprechen dann mit ihnen im Grunde so, wie wir innerlich mit uns selber reden, wenn wir Neues denken. Und vielleicht ist es das Wichtigste, was der Lehrer lernen muß, das was er längst weiß, jedesmal wieder als ein Neues und Verborgenes zu sehen und anzusprechen, *und nicht nur zum Spaß*.

Ein Beispiel für *erlaubtes anthropomorphes Sprechen*:

Warum steigt die Luftblase im Wasser nach oben? Auf Anhieb sagen wir alle noch, nach wie vor aristotelisch: „Nun klar: weil sie leicht ist.“ Sie will nach oben. — Nur stimmt das nicht, denn Luft ist schwer, 1 Gramm das Liter. Sie „will“ also nach unten. Und geht doch aufwärts. „Woran liegt das?“ Was ist „schuld“? Wer ist „schuld“? Lauter physikalisch unmögliche Vokabeln. Gerade sie führen uns aber in die Situation. —

Die Entdeckung dann: Das Wasser ist „schuld“. Und zwar, da es fast 1000 mal schwerer ist als Luft, drängt es viel stärker nach unten als die Luftblase. Und, lassen wir KEPLER¹¹⁾ sprechen: „Lufft lesset sich durchs Wasser, wölliches andersich begehret, ybersich treiben.“ Kurz: die Luftblase *muß*, gegen ihren „Willen“.

In dieser anthropomorph gesagten (und auch physikalisch noch vorläufigen) Formulierung steckt mehr Verstehen als in dem von jedem Abiturienten andeutungsweise hergesagten „archimedischen Gesetz“, wonach (Sie wissen es noch —) „jeder Körper unter Wasser scheinbar soviel an Gewicht verliert, wie das von ihm verdrängte Wasser wiegt“. Ein nützlicher Satz für Physiker. Von Nicht-Physikern wird er meist mißverstanden, so als sei das verdrängte Wasser die Ursache, während es ja gerade das anwesende Wasser ist, nicht das verdrängte sondern das drängende. — Die Wendung „Woran liegt das?“ stimmt hier genau: es „liegt am“ Wasser, das der Luftblase anliegt, rundum, und von unten mehr als von oben drückt.

Wenn man auch mit Studenten (nicht naturwissenschaftlicher Richtung) so spricht, so kann man sich an erstaunlichen Wiederbelebungen verschütteten physikalischen Interesses erfreuen. Ein ungläubiges Lächeln steigt in ihre Augen, wenn sie merken, daß man im Ernst so reden darf, wie es in einem ungeniert sprechen möchte, und daß man gerade dann versteht. — Keine Furcht also: Reden wir zuerst einmal so, als wären die Dinge Wesen „wie du und ich“.

Und *vermeiden* wir die *Fachausdrücke*, solange noch gedacht wird. Sie haben Zeit. Das Licht darf laufen, fließen, rennen, sausen, nicht immer nur „Strecken zurücklegen“, von der fürchterlichen „Fortpflanzung“ gar nicht zu reden, und von der immer nur „herrschenden“ Spannung.

Auch WITTENBERG¹²⁾ warnt, für die Anfänge der Geometrie, davor. — Ich erinnere mich aus meiner Schulkind-Zeit, wie die vorgeifende Beschlagnahme einer geometrischen Figur mit A, B, C, α , β , γ ... diese Figur sogleich ruinierte. Sie sah aus wie eine vorher interessante Landschaft, bei der nun hinter jedem Hügel feindliche Vorposten auftauchten. — Ich kannte einen Reitlehrer, der, nachdem er seinen Schüler glücklich aufs Pferd gebracht hatte, den Unterricht mit den Worten begann: „Das Pferd besteht aus drei Teilen: Vorderhand, Hinterhand, Mittelhand.“ Schon war es kein Pferd mehr.

Keine Furcht auch vor der *emotionalen*, der stammelnden Rede, dem ehrwürdigen Anzeichen für den Durchbruch der Erkenntnis.

Etwa bei einem kleinen Jungen¹³), der angesichts des einfachen Flaschenzug-Rätsels (daß man mit halber Kraft die ganze Last halten kann) erst zögert, dann aufleuchtet, dann schnell stottert: „weil weil . . . das Seil . . . von zwei Seiten kommt!“ Was dann ein anderer schon genauer sagen kann: „Die Last verteilt sich auf zwei Seile“ (und eines nur halte ich, das andere der Haken).

Es gibt auch Emotionen anderer, leiser, Art: Etwa, wenn einer vor der Tafel steht, malt einen Kreis, langsam, und sagt (sagt fast zum *Kreis*): „wenn das *meine* Erde ist, und das“ (er malt eine Rosine daneben) „das mein Mond . . .“ und so weiter. Solche Kinder, ja auch Studenten, werden in diesem Augenblick gleichsam eins mit ihrem Gegenstand und sprechen aus dieser Verschmelzung heraus, etwas versunken, nicht laut, den Rücken womöglich gegen die anderen gewendet, und doch hört man ihnen gern und aufmerksam zu. Denn hier zeigt sich Fühlung, und die steckt an.

Ob nun mit oder ohne sachliche Emotion, mit oder ohne Animismen, stammelnd oder nicht, sobald die *physikalische*, die kausale Ebene des Verstehens erreicht ist, gilt auch hier wieder für's Erste: *Verstehen* heißt: ein anderes *Vertrauterer* finden, das „mit ihm zusammenhängt“, ihm „zugrundeliegt“. Man kann sagen: Verstehen heißt: einen Fremden bei näherer Betrachtung als einen *alten Bekannten* wiedererkennen¹⁴).

Ein Beispiel: das reizvolle Rätsel, daß man eine gefüllte aber offene Milchkanne in hohem Bogen über den Kopf hinweg schleudern kann, ohne daß die Milch auf dem höchsten Punkt ihrer Bahn ausläuft. — Man versteht es, man staunt nicht mehr, wenn man erkennt, daß es dieser Milch nicht anders gehen kann (im Rahmen der Physik) als einem Stein, der da oben waagerecht fortgeschleudert wird. Auch er wird ja nicht gleich senkrecht hinunterplumpsen, sondern im Bogen, allmählich, sich abwärts bewegen, genau wie die Milch. Auch sie ist geworfen. — Hier ist die befremdende scheinbare Schwerelosigkeit der Milch ganz entlarvt als „ein alter Bekannter“: das Fliegen des Steins. „Daher kommt es“, „darauf beruht es“, daß die Milch nicht ausläuft!

Die Wertfreiheit der Physik kommt auch hier heraus: Milch ist nichts besseres als Stein. — Und wenn man bei der Gravitation sagt, daß nicht nur diese zwei Bleikugeln einander anziehen (die man eigens aus dem Schrank geholt hat, in dem sie ein Jahr lang auf nur dieses Experiment gewartet haben) sondern auch zwei — Brötchen, so folgt ein Gelächter, schockiertes Gelächter: fast hätte man die Beschränktheit des physikalischen Aspektes vergessen!

Wie führt nun der Weg von der muttersprachlichen Fassung eines *Ergebnisses* zur exakten, fachgemäßen Fixierung? Ich deute in Stichworten einige Etappen des „BOYLESchen Gesetzes“ an (falls Sie sich noch erinnern: $p \cdot v = \text{const}$).

Da ist eine Fahrradpumpe, unten verschlossen. Von oben preßt man die Luft zusammen. (Temperaturänderungen seien ausgeschlossen.) 1. Fassung: *Wenn ich die eingesperrte Luft zusammendrücke, dann geht das immer schwerer.*

Gut. Aber das „Ich“ muß heraus, der Mensch überhaupt. Die Luft ist die Hauptperson.

2. Fassung: *Je weniger Platz die Luft noch hat, desto mehr wehrt sie sich.*

Wenn die Luft ein Tier wäre, dürften wir so sagen.

3. Fassung: *Je kleiner der Raum der Luft geworden ist, desto größer ihr Druck.*

Das ist die sogenannte „qualitative“, die „Je-desto-Fassung“. — Sie genügt nicht. Physik will Zahlen sehen: *wie klein, wie groß!*

4. Fassung: Nach Messung zusammengehöriger Werte ergibt sich ein Gesetz von erstaunlicher Einfachheit:

Wenn das Volumen des Gases 5 mal kleiner geworden ist, dann ist der Druck in ihm auch gerade 5 mal (aber nicht kleiner, sondern) größer geworden. Allgemein: n-mal.

(Ganz leise, nebenbei: Das nennt man „umgekehrte Proportionalität“. Vergeßt es schnell wieder, ganz unwichtig. — Dann behalten sie's nämlich.)

5. Fassung: Mathematische Formalisierung ohne Worte: Neue Betrachtung der Tabelle. Das eben Gesagte äußert sich mathematisch darin, daß *das Produkt Druck mal Volumen immer dasselbe bleibt: $p \cdot v = \text{const}$* . Damit ist inhaltlich nichts gewonnen. Wir haben uns nur einen hübschen kleinen Rechenautomaten geschaffen, der uns die Worte abnimmt.

Falls wir nun, wie leider meist, auf diese letzte Fassung vorpreschen, uns an sie *klammern* wie an das endlich erreichte Ufer, *sie* memorieren, statt uns den Weg zu ihr vertraut zu halten, durch Hin-und-Zurückfinden, so ist es eine nur gesunde, eine anerkennenswerte Reaktion des Laien, wenn er das Halbverstandene später ganz aus seinem Gedächtnis hinauswirft.

Was Krönung sein sollte, wird Verschüttung. *Die Etappe wird verbrannt.* Die Brücke wird abgebrochen. „Frontgeist“ des Unterrichts bewirkt Kapitulation der Laien.

Mehr noch als vor 80 Jahren gilt heute der Vorwurf ERNST MACHS „... schleichen ihre (der Schüler) Gedanken ängstlich und hypnotisch einigen Worten, Sätzen und Formeln nach, immer auf denselben Wegen. Was sie besitzen, ist ein

Spinnengewebe von Gedanken, zu schwach, um sich darauf zu stützen, aber kompliziert genug, um zu verwirren¹⁵⁾.

Das Brechungsgesetz (Sie erinnern sich? —: „... zum Einfallslot hin .. vom Einfallslot weg ...“) würde, wenn schon auswendig, besser in der (wenn auch noch unvollständigen) Fassung KEPLERS gelernt: „Je schiefer das Licht auffällt, mit einem umso größeren Winkel wird es gebrochen“¹⁶⁾. Noch vernünftiger erschiene es mir, gar nichts memorieren zu lassen, sondern vom Schüler seine eigene, aus dem nachdenklichen Sich-Besinnen aufsteigende Formulierung zu fordern (nicht leicht für ihn, nicht bequem für den Lehrer), etwa: „Je schräger das Licht die Grenzfläche durchsetzt, desto mehr wird seine Bahn abgelenkt und zwar immer zum dichteren Stoff hin; und die ganze Bahn bleibt in einer Ebene, die auf der Grenzfläche senkrecht steht.“

Physikunterricht hat zu lehren, *wie Physik und damit ihre Sprache entsteht; wie die Muttersprache sich, gemäß der Enge des physikalischen Aspektes, zurückziehen muß.*

Von wo aus anders kann sich dieser Rückzug verständlich, ja notwendig und vertrauenswürdig einsehen lassen, wenn nicht von der Muttersprache *aus* und *in* ihr?

Die Muttersprache kann nur in ihr selbst und durch sich selbst verabschiedet — oder nein: für die Dauer physikalischen Sehens *beurlaubt* werden.

Bisher dachte ich an das *Gespräch*, das sokratisch-galileische, mit seinem, wie GALILEI sagt¹⁷⁾, „eccitamento“, seiner „libertà“ und seinen „capricci“, dem erregenden Spiel der freien Einfälle.

Ich wende mich jetzt, immer noch auf dem Boden der Muttersprache, vom Gespräch zur *Niederschrift*: kein Stammeln mehr, nichts Überflüssiges, aber alles für das Verstehen, die Inständigkeit des Schreibers Notwendige: „genau“. Die „Umsetzung“, wie BLUMENBERG¹⁸⁾ sagt (über GALILEIS Sidereus Nuncius) „von Erregung in Beschreibung“; in Worte gefaßt von einzelnen Kindern und zuletzt von der Gruppe.

Zunächst die Beschreibung einer *Ausgangs-Situation*:

Obwohl es kein reines, kein intensives Anschauen des exponierten Problems gibt, ohne daß das Nachdenken über die Lösung unaufhaltsam gleich mit dabei wäre, empfiehlt es sich doch oft, trennen zu lassen: 1. „was siehst du?“ und 2. „was denkst du dazu (und dazu)? (Auch um das innere Gerede zum Schweigen zu bringen, das die Massen-Berieselungsmittel den Kindern schon insinuiert haben.)

Es gibt Vorbilder, Vergleichstexte, die dem Lehrer und auch den Kindern zeigen können, was etwa im vollkommensten Falle gemeint sein mag.

Hier ein Text, der zugleich als Vorbild der eindringlichen Beschreibung einer Versuchsanordnung gelten kann:

„Nimm ein rundes Holzgefäß, ... lege da hinein den Magnetstein, ... und dieses nun, mit dem Stein darin, setze in ein anderes, großes Gefäß voll Wasser, so daß der Stein im ersten Gefäß sitzt wie der Schiffer im Schiff; das erste Gefäß aber sitze im zweiten, geräumigen, wie das Schiff auf den Fluten treibt ... Der so gelagerte Stein wendet nun sein kleines Gefäß, bis der Nordpol des Steins gerade auf den Nordpol des Himmels zu steht und sein Südpol gerade auf den Südpol des Himmels. Und, selbstverständlich, wird er, wenn er tausendmal weggedreht wird, tausendmal in seine Lage zurückgewendet, nach Gottes Ratschluß.“

So schreibt der Kreuzritter PIERRE DE MARICOURT 1269 während der Belagerung von Lucera¹⁹).

STIFTERS Darstellung einer Lawinenbildung (wenn man nur wenige, heute nicht recht erträgliche, erbauliche Wendungen herausnimmt) verbindet naturwissenschaftliche Präzision mit literarischem Rang: „... wenn ein tauiger, sonnenheller, lauer Wintertag über der weichen, klafferdicken Schneehülle der Berge steht und nur oben ... ein Maultier schnauft — daß sich da ein zartes Flöckchen von der Hülle löset und um einen Zoll tiefer rieselt, der feuchte Flaum ... legt sich um dasselbe, und im nächsten Augenblicke hüpf't ein Knöllchen einige Handbreit weiter — aber ehe du die Augen dreimal schließest und öffnest, springt es wie ein Riesenhaupt so groß über die Bergesstufen abwärts, rings um Klümpchen schleudernd, die wieder hüpfende, springende, in weiten Bogen schießende Riesenköpfe werden — längs der ganzen Bergwand wird es lebendig — das Krachen, das du darauf hörst, als ob v'iele tausend Späne zerbrochen würden, ist der zerschmetterte Wald — das Ächzen sind die geschobenen Felsen — dann noch ein wehendes Sausen und dann ein dumpfer Knall und Schlag — dann Totenstille — nur daß ein feiner weißer Staub gegen das reine Himmelsblau emporzieht, ... und daß das Echo den fernen Donner durch die Berge rollt — — dann ist es aus, die Sonne glänzt, der blaue Himmel lächelt freundlich ... “²⁰).

Nun ein anderes Beispiel für fast reine Beschreibung dessen, was man sieht. Den Verfasser nenne ich später. Es handelt sich auch hier um natürliche Magnetsteine:

„Sie hatte zwei Steine mitgebracht. Auf dem Tisch lag ein graues Pulver, das ein klein wenig glänzte, und der Stein hatte eine gelb-bräunliche Farbe. Er war so groß wie eine geballte Kinderfaust. Sie hielt den Stein nah an das Pulver, in das dann Leben kam. Ehe man sichs versah, richtete es sich auf, in Bündeln. Ein

Teil des Pulvers flog an den Stein. Es klammerte sich daran fest, und hing wie Kletten an ihm, als wenn es keine Schwerkraft gäbe. Es bildeten sich kleine schmale Zapfen, wie Eiszapfen im Winter, die oben breit und unten dünner wurden. Der Staub hing dann wie eine feste Masse zusammen, und riß am unteren Ende ab, wenn er zu schwer wurde. Es fielen auch einige kleine Zapfen von dem Stein, wenn sie ihn bewegte. Aber ein Teil blieb immer hängen, so daß er zum Schluß aussah wie ein grauer Igel.

Vorher war es nur Staub. Jetzt sieht es aus wie kleine Fäden. — Ich meine, daß die einzelnen Körnchen sich aneinanderreihen. So ist es dann wieder nur graues Pulver. Die Körnchen haben sich bestimmt wieder voneinander gelöst.“

Ich las das Studenten vor und fragte sie: Von wem könnte das sein? Hier ihre Zurufe:

„Von wem das sein könnte? — Gut jedenfalls! — Ja, genau und lebendig! — Aber von einem Physiker gewiß nicht. — Höchstens von einem mit literarischen Ambitionen! — Oder von einem Dichter! — Mit physikalischen Ambitionen? — Nicht mal. — Der die Sonnenfinsternis beschrieben hat, wie hieß der doch? — WIECHERT? — STIFTER! — Möglich! Aber der schrieb langwieriger. — Der GOETHE hat auch so Sachen gemacht! — BÖLL? — JÜNGER? — Ach Nain! — Muß es denn ein Dichter sein? Es ist doch sehr sachlich! — Ein Bauer vielleicht, ein besonderer? — Es könnte auch ein Kind sein!“

Es waren Kinder, viele. Eine neunte, großstädtische, gemischte Volksschulklasse. Die Lehrerin zeigte und hantierte wortlos inmitten der Kinder und gab ihnen auf, zu Hause genau aufzuschreiben, was sie gesehen hatten, und nur das! — Sie gab mir die Zettel. Ich unterstrich die Sätze, die mir am besten gefielen, und fügte dann neunzehn unveränderte Fragmente zu dem vorgelesenen Text zusammen. Ich bin also nur unwesentlich beteiligt.

Eine so offene, doch genaue Weise des Sehens und Sagens, reich an starken Bildern, weder poetisch noch in der Diktion der Physik, zeugt von einer erstaunlich unangefochtenen Kraft der Aussage, die ich bei Großstadt-Teenagern von 1966 nicht erwartet hätte.

Die Schule beschreibt vorwiegend Experimente und Ergebnisse. Wäre es nicht mindestens so wichtig, *Problemstellungen* zu formulieren?

ARISTOTELES zum Problem des Schwimmens (Man glaubt einen Dialog zu hören; das Quälende des Widerspruches äußert sich notwendig in Wiederholungen):

„(Warum schwimmt ein aufgeblasener Schlauch?)

Doch wohl weil die Luft (immer) nach oben steigt. Denn wenn der Schlauch leer ist, sinkt er nach unten. Wenn er aber aufgeblasen ist, bleibt er oben, weil

(die Luft) ihn nach oben trägt. Wenn die Luft aber leichter macht und verhindert, daß sie (die Schläuche) nach unten sinken, warum werden sie dann schwerer, wenn sie aufgeblasen werden?

Und wie kommt es, daß ein Schlauch, wenn er schwerer ist, an der Oberfläche bleibt, wenn er aber leichter geworden ist, nach unten sinkt?“²¹⁾.

Versuchsbeschreibungen werden genau, lebendig und frei von jeder Schablone, wenn eine Schulklasse ein Experiment selber ausdenkt und ausführt, und wenn nachher jeder Schüler für sich aufschreibt, was geschah.

So entstand in einer 7. Realschulklasse dieser Bericht eines Knaben: „Wir füllten uns ein Fäßchen halb mit Wasser und ebenfalls zwei Gummischläuche, die wir vorn und hinten mit Gummipfropfen verschlossen.“ (Diese Schläuche wurden *ganz* gefüllt!) „Dann gingen wir vor den Glockenturm der katholischen Kirche“ (Unwesentlich? Für's Behalten nicht!) „und stellten das Fäßchen dort auf. Das untere Ende des 7-m-Schlauches legten wir in das Fäßchen mit Wasser, und einer ging mit dem anderen Ende hoch in den Glockenturm. Als er oben angelangt war, machten wir den Stopfen im Fäßchen auf, und siehe da, das Wasser im Schlauch hielt sich. Als wir es mit dem 20-m-Schlauch genau so machten, sank das Wasser fast bis zur Hälfte.“

Ich wende mich zur Beschreibung des *Verstandenen*, soweit es keiner Fachsprache bedarf, und lese einen Satz LEONARDOS vor zur Erklärung des sogenannten aschgrauen Lichtes der von der feinsten Mondsichel umschlossenen übrigen Mondscheibe. Er degradiert den Leser nicht schon, unnötigerweise, zum außenstehenden Zuschauer, er spaltet ihn nicht, läßt ihn als Teilnehmer und Einwohner in seiner Welt bleiben.

So gelingt ihm volle Klärung ohne Wirklichkeitsverlust:

„Der Mond hat kein Licht von sich aus, und soviel die Sonne von ihm sieht, soviel beleuchtet sie;

und von dieser Beleuchtung sehen wir soviel, wieviel davon uns sieht.

Und seine Nacht empfängt so viel Helligkeit, wie unsere Gewässer ihm spenden, indem sie das Bild der Sonne widerspiegeln, die sich in allen jenen (Gewässern) spiegelt, welche die Sonne und den Mond sehen“²²⁾.

Da ich nicht unter Physikern bin, wage²³⁾ ich es, noch eine zauberhafte Stelle von JEAN PAUL vorzulesen. Er beschreibt ungefähr dasselbe wie LEONARDO. Was aber dort auseinandergelegt ist in die Laufbahnen der Lichtbotschaften zwischen Sonne, Mond und uns, das ist bei JEAN PAUL in einen einzigen Satz verschmolzen, weniger genau, aber noch die *Bewegungen* der beiden Gestirne einbeziehend und den wahrnehmenden Menschen ganz bei sich selber lassend, und nicht nur als denkenden:

„Der Mond hob sich und brannte mir als Zauberspiegel des Sonnentages, der unter der Erde zog, glänzend ins Auge“⁽²⁴⁾).

Von ganz anderer Art, unmittelbar für die Schule brauchbar, ist HEBELS „Belehrung über das Wetterglas“.

„Merke: Erstlich: Ein braves Wetterglas hat an der Spitze des Köblleins oder Köpfleins, worin sich das Quecksilber sammelt, eine kleine Öffnung. Zweitens: Sonst meint man, wo nichts anderes ist, dort sei doch wenigstens Luft. Aber oben in der langen Röhre, wo das Quecksilber aufhört, bis ganz oben, wo die Röhre auch aufhört, ist keine Luft, sondern nichts, reines klares, offenes, nie gewesenes Nichts. Dies wird erkannt, wenn man das Wetterglas langsam in eine schiefe Richtung bringt, als wollte man es umlegen, so fährt das Quecksilber durch den leeren Raum hinauf bis an das Ende der Röhre, und man hört einen kleinen Knall. Dies könnte nicht geschehen, wenn noch Luft drin wäre. Sie würde sagen: ‚Ich bin auch da. Ich muß auch Platz haben.‘

Drittens: Die Luft, die die Erde und alles umgibt, drückt unaufhörlich von oben gegen die Erde hinab, ja sie will vermöge einer inwendigen Kraft, unaufhörlich nach allen Seiten ausgedehnt und sozusagen ausgespannt sein bis auf ein Gewisses.

... Also geht die Luft durch jede offene Tür, ja durch jedwedes Spältlein in die Häuser und aus einem Gehalt (Zimmer) in das andere, und durch die kleine Öffnung an der Spitze des Köblleins hinein und drückt auf das Quecksilber, und die Luft, welche noch außen ist, drückt immer nach und will auch noch hinein. Ei, sie drückt und treibt das Quecksilber in der langen Röhre gewöhnlich zwischen 27 und 28 Zoll weit in die Höhe, bis sie nimmer weiter kann. Denn wenn das Quecksilber in der Röhre einmal eine gewisse Höhe erreicht hat, so drückt es, vermöge seiner eigentümlichen Schwere, der Luft wieder dergestalt entgegen, daß beide in das Gleichgewicht treten. Da strebt gleiche Kraft gegen gleiche Kraft, und keines kann dem anderen mehr etwas anhaben. Die Luft spricht: ‚Gelt, du mußt droben bleiben!‘. Das Quecksilber spricht: ‚Gelt, du bringst mich nimmer höher!‘

Daß aber die Luft allein es sei, welche imstande ist, mit wunderbarer Kraft das Quecksilber 28 Zoll hoch in die Röhre hinaufzutreiben und in dieser Höhe schwebend zu erhalten, ist der Beweis: wenn die Röhre oben an der Spitze abbricht, und die Luft jetzt dort auch hineinkommt, wo vorher keine war, fällt das Quecksilber in der Röhre auf einmal so tief herab, bis es demjenigen, als in dem Köbllein steht, gleich ist, und hat alsdann alles ein Ende: denn die Luft in der Röhre und die Luft in dem Köbllein drückt jetzt mit gleicher Gewalt gegeneinander und vernichtet ihre Kräfte an sich selber, als daß das Quecksilber freies Spiel bekommt und seiner eigenen Natur folgen kann, die da ist, daß es vermöge seiner Schwere hinuntersitzt bis auf den Boden und auf das Unterste des Raumes, worin es eingeschlossen ist“⁽²⁵⁾).

Dies und ähnliches gehört, meine ich, nicht in Lesebücher, sondern in die Physikbücher, und nicht etwa nur der Hauptschule. Und zwar in den sachlichen Text hinein.

Wenn ich *Forscher* aus der *Frühzeit* der Naturwissenschaft anführe, so meine ich damit nicht, daß sie nun nahezu nachzuahmen seien, sie sollen auch keine

historischen Kenntnisse einschmuggeln, auch nicht etwa bloß „beleben“, „illustrieren“; ich empfehle sie, weil sie der primären Wirklichkeit nahe sind; und was den Lehrer betrifft: zu seiner *Verjüngung*: „Wann werde ich soweit seyn, um alles was ich gelernt, in mir zu zerstören, und nur selbst zu erfinden, was ich denke und lerne und glaube“ (HERDER)²⁶).

In einer Zeit, in der alte Kulturen vergehen wie Gras, in einer Zeit, in der wir den sogenannten unterentwickelten Völkern den sehnlichen, und wohl unvermeidlichen, Wunsch erfüllen müssen, ihre Etappe zu verbrennen, sollten wir wissen, daß wir selber unsere Etappe bewahren, ja wieder mit Leben erfüllen sollten, wenn wir nicht (ich weiß nicht mehr, bei wem ich es mir abgeschrieben habe) „immer mehr Fremdling werden wollen in der Welt, die wir uns selber schaffen“.

Ob man dem, was ich vorgetragen habe, zustimmen kann, läuft hinaus auf eine *Entscheidung*, die — als pädagogische — davon abhängig ist, wie man sich den Menschen der *Zukunft* wünscht.

Ich meine: in Bezug auf sein Verhältnis zur Physik sollten wir ihn uns wünschen: bewußt seiner Verantwortung, kritisch und produktiv verstehend, gewiß nicht ohne Spannungen, aber jedenfalls *nicht* gespalten²⁷).

Anmerkungen

- 1 Man vermißt präzise Vorstellungen der Lehrer und Lehrbuchverfasser schon davon, welcher *Art* der Rückstand sein soll, den man nach Jahren vorzufinden hofft. — Mein eigener Versuch einer dokumentierenden Befragung „Was bleibt unseren Abiturienten vom Physikunterricht?“ (in meinem Buch „Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“, Stuttgart 1965, S. 385 bis 399) hat noch die Form einer schriftlichen Befragung, erlaubt aber schon ein gewisses Urteil.
- 2 C. F. v. WEIZSÄCKER, Zum Weltbild der Physik, 6. Aufl. Stuttgart, 1954, S. 17.
- 3 ALEXANDER ISRAEL WITTENBERG, Bildung und Mathematik, Klett Stuttgart, 1963.
- 4 „Der lernt aber schnell!“, das ist eine harmlose Wendung. Spricht man aber von einer „hohen Lerngeschwindigkeit“, so legt sich die Vorstellung nahe, es handle sich um „die Anzahl der pro Sekunde zurückgelegten Lehrbuchseiten“. Wenn nicht, um *welche* meßbare Größe? Und wenn sie meßbar ist, trifft sie das, was wir unter „Lernen“ verstehen wollen? Der Fall könnte ähnlich liegen wie bei der bekannten ironischen Definition: „Intelligenz ist das, was der IQ mißt“.
- 5 GALILEO GALILEI. Unterredungen und mathematische Demonstrationen, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 11, S. 5.
- 6 Aus der Sammlung spontaner Kinderaussagen von AGNES BANHOLZER, „Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter“, Tübinger Dissertation, Stuttgart, 1936, S. 60.

- 7 BANHOLZER, a. a. O. S. 7.
- 8 WILHELM FLITNER, Laienbildung, Langensalza, 1931, S. 48.
- 9 BANHOLZER, a. a. O. S. 61.
- 10 NEWTON, Opticks, (1730), Dover Publications 1952, S. 373.
- 11 AUS NIKOLAUS KOPERNIKUS, Erster Entwurf seines Weltbildes . . . , hrsg. v. F. ROSSMANN, München, 1948; Neudruck Wiss. Buchges. Darmstadt, Best. Nr. 3336, S. 85 f.
- 12 WITTENBERG, a. a. O.: „ . . . daß der Lehrer äußerst geizig mit Fachausdrücken sein wird — ganz besonders am Anfang.“ (80) — „Erwarten wir vom Schüler die Mitteilung durchdachter Gedanken —, ja erwarten wir überhaupt von ihm, daß er Gedanken durchdenke —, so muß er hierzu das Instrument meistern: seine Muttersprache.“ (160).
- 13 Nach R. KLUGE, Der Kran, in: Z. f. Naturlehre u. Naturkunde, 1965/2, S. 34.
- 14 Vgl.: M. SCHLICK, Allgemeine Erkenntnislehre, Berlin, 1918, S. 97. — E. MACH, Beschreibung und Erklärung, in: Populärwissenschaftliche Vorlesungen, 5. Aufl., 1923, S. 411–427, insbes. S. 413.
- 15 E. MACH, a. a. O. S. 344 (Der relative Bildungswert der wissenschaftlichen Unterrichtsfächer).
- 16 J. KEPLER, Grundlagen der geometrischen Optik, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 198, S. 60. — Leider steht auch hier schon „gebrochen“. Kinder sehen genau und sagen richtiger „geknickt“.
- 17 Nach der von H. BLUMENBERG herausgegebenen GALILEI-Auswahl, sammlung insel I, S. 131.
- 18 BLUMENBERG, a. a. O. S. 76.
- 19 Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus, hrsg. v. G. HELDMANN, Berlin, Nr. 10, RARA MAGNETICA, PETRUS PEREGRINUS DE MERICOURT, DE MAGNETE, S. 3, des lateinischen Textes; hier frei übertragen.
- 20 A. STIFTER, Erzählungen in der Urform, Adam Kraft Verlag, Augsburg, 1953, Das alte Siegel, S. 244.
- 21 ARISTOTELES, Problemata Physica, übers. v. H. FLASHAR, Wiss. Buchges. Darmstadt, 1962, S. 213 ff. — Die Gliederung in Absätze habe ich vorgenommen. — Auch NEWTON bringt am Ende seiner Opticks (a. a. O. S. 339) „Queries“. Sie beginnen mit „Do not . . .“
- 22 LEONARDO DA VINCI, Philosophische Tagebücher, Rowohlt's Klassiker, 1958, Bd. 25, S. 69.
- 23 Physiker neigen dazu, ein solches, nun wirklich poetisches, Zitat für ein Anzeichen von Rückfälligkeit zu halten, für Verunreinigung der „sauberen“, Aufweichung der „strengen“, der „exakten“ Aussage. Sie verwechseln die Richtungen: Ein solches Zitat ist nicht als zusätzlicher Zierrat gemeint. Es führt zur Physik hin, ohne die Brücke hinter sich zu zerstören.
- 24 JEAN PAUL, Junius Nachtgedanken. (nach: Piper-Bote, Sommer 1924, S. 46).
- 25 J. P. HEBEL, Alemannische Gedichte, Schatzkästlein des Rheinländischen Hausfreundes, Betrachtende Schriften, Belehrung über das Wetterglas —, Carl Hanser Verlag, München, o. J. S. 493 ff.
- 26 HERDER, Journal meiner Reise . . . , Herders sämtliche Werke, hrsg. v. BERNHARD SUPHAN, IV. Band, Berlin, 1878, S. 349.
- 27 Der vorliegende Vortrag wird ergänzt aus meinen früheren Veröffentlichungen: 1. Die pädagogische Dimension der Physik, Braunschweig, 2. Aufl. 1965, vor allem in Kapitel VII (Physikunterricht und Sprache), aber auch durch Teile der Kapitel IV und V, — 2. Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken, Stuttgart, 1965, S. 54 f., 187, 376 f., 464. — 3. Verstehen lehren, Weinheim/Berlin 1968.